第 37 卷第 13 期
2017 年 7 月

生 态 学 报
ACTA ECOLOGICA SINICA

Vol.37,No.13
Jul.,2017

DOI: 10.5846/stxb201602050263
刘智方, 唐立娜,邱全毅,肖黎姗,许通,杨丽.基于土地利用变化的福建省生境质量时空变化研究.生态学报,2017,37(13):4538-4548.
Liu Z F, Tang L N, Qiu Q Y, Xiao L S, Xu T, Yang L.Temporal and spatial changes in habitat quality based on land-use change in Fujian Province.Acta Ecologica Sinica,2017,37(13):4538-4548.

基于土地利用变化的福建省生境质量时空变化研究

刘智方[1], 唐立娜[1,*],邱全毅[1],肖黎姗[1],许 通[1],杨 丽[1,2]
1 中国科学院城市环境研究所, 城市环境与健康重点实验室,厦门 361021
2 山东科技大学测绘科学与工程学院,青岛 266590

摘要:地利用变化引起的生态效应已经成为生态学研究的核心问题,分析土地利用变化引起生境质量时空变化可以为生态保护和土地规划提供科学依据。以福建省为例,利用 InVEST 模型对福建省生境质量进行评估,根据生境质量指数将其生境划分为低、中、良好、优等。同时分析了福建省土地利用变化对其生境质量时空格局的影响。研究结果表明:2000—2010 年,福建省景观破碎度指数逐渐降低,斑块之间连通性好,生境破碎化程度降低,整体生境得分值在 0.9 以上。林地是福建省的优势景观,其覆盖面积达到了福建省的 86%以上, 并且林地的破碎化程度低,人类活动对它的干扰较小,所以福建省大部分地区生境质量处于良好、优质等级。但是福建省东南沿海地区生境值低于 0.6,处于中、低等级之间,主要因为建设用地的急剧扩张增加了对生境质量的破坏强度。东南沿海地区的 GDP 占到福建省的 65%以上,形成了以二、三产业为主导的产业格局, 对基础设施建设、工业、居住用地等的需求急剧增加。所以,福建省的 57%以上的建设用地主要集中于东南沿海地区。东南沿海地区高度聚集的建设用地,侵占了大量的裸地和耕地,严重干扰了该地区整体生态格局,破坏了生境质量,导致其生境质量低于福建省其他地区。

关键词: InVEST 模型;生境质量;景观格局

Temporal and spatial changes in habitat quality based on land-use change in Fujian Province

LIU Zhifang[1], TANG Lina[1,*], QIU Quanyi[1], XIAO Lishan[1], XU Tong[1], YANG Li[1,2]
1 *Key Laboratory of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen* 361021, *China*
2 *College of Geomatics, Shandong University of Science and Technology, Qingdao* 266590, *China*

Abstract: The ecological effect of land use change has become a core issue in ecological studies. Analyzing the spatial and temporal changes in habitat quality caused by land-use change can provide a scientific basis for ecological protection and land planning. Taking Fujian Province as an example, we utilized the InVEST model to evaluate habitat quality. The habitat in Fujian can be classified into low, medium, good, and excellent grades based on the habitat quality index. We also analyzed the influence of land-use change on the spatiotemporal characters of habitat quality in Fujian Province. The results showed that: from 2000 to 2010, the landscape fragmentation index for Fujian Province gradually decreased, the connectivity between patches was acceptable, the extent of habitant fragmentation was improved, and the overall habitat value was higher than 0.9. In Fujian Province, woodland is a beneficial landscape covering almost 86% of the lands. The degree of fragmentation was quite low with little human interference; therefore, the majority of habitats in Fujian Province were of good and excellent quality. However, the southeast coastal areas of Fujian Province are of low and poor habitat quality (less than 0.6), the reason for which might be the rapid expansion of construction land that has increased the extent of damage to habitat quality. More than 65% of the GDP in Fujian Province can be attributed to the southeast coastal areas,

基金项目:中国科学院城市环境研究所青年人才领域前沿项目(IUEZD201404);中国科学院城市环境研究所青年人才领域前沿项目(IUEQN201302); 福建省自然科学基金(2015J01177)

收稿日期:2016-02-05; **网络出版日期:**2017-02-23

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: lntang@ iue.ac.cn.

and the structure of secondary or tertiary industries increasing the demand for infrastructure, industry, and residential land. As a consequence, more than 57% of the construction land in Fujian Province is concentrated in the southeast coastal areas. The high density of construction land in these areas has seriously encroached on large areas of bare land and farmland, disturbed the entire ecological pattern of the area, and destroyed habitat quality, which accounts for the typically lower habitat quality in the southeast than in other areas of Fujian Province.

Key Words: InVEST model; habitat quality; landscape pattern

土地是人类赖以生存的空间,是人类社会生产中重要的自然资源和生产资源,是地球上各类复杂的生态系统的载体及物种的栖息地[1]。人类的各种生产生活活动都是以土地利用为基础的。随着人类对土地开发利用的逐渐深入,土地利用的格局、深度和强度都不断发生变化。与此同时,土地利用的变化能够影响生境斑块之间的物质流、能量流循环过程,进而改变区域生境分布格局和功能[2]。因此研究土地利用变化对生境质量的影响对于区域的生态保护和土地管理政策的制订具有重要意义[3]。

近年来,许多学者利用模型,如生境适宜性模型 HIS[4]、SolVES 模型[5]、InVEST 模型[6]等,分别在县域[7]、山区[8]、流域[9]等多个尺度对生境质量进行定量评估。在这些模型中,InVEST 模型是目前较为成熟且应用最多的生态系统服务评估模型[10]。如 Bhagabati 等[11]用 InVEST 模型对苏门答腊岛中部的老虎栖息地生境质量进行评估,并分析指出适合老虎保护的情景模式;包玉斌等[12]利用 InVEST 模型对陕西省黄河湿地保护区土地利用对生境质量的影响进行了评价。吴健声等[3]利用 InVEST 模型分析了京津冀地区 2000—2010 年土地利用变化引起的生境质量的时空演变,得出结论:2000—2010 年,由于景观结构异质性的减弱和破碎度的提升,京津冀地区东南部和南部生境质量较低、北部和西部较高。其中,东南部和南部 2010 年生境质量明显下降,发生了一定生境退化乃至丧失现象。这些学者利用 InVEST 模型分析了不同地区生境质量的时空演化情况,并且基于土地利用及其景观格局的变化,分析了生境质量变化对土地利用变化的生态响应。本文在国内外学者研究的基础上,以福建省为研究区,利用 InVEST 模型分析土地利用变化引起的生境质量的时空变化,并且结合社会经济数据深入的阐述了福建省生境质量变化的原因。最终提出如何恢复东南沿海地区的生境质量以及如何在保证闽西、闽北、闽中等地区生境质量良好的情况下,发展这些地区的经济,最终协调好经济发展与生境质量提高之间的关系,为福建省未来的生态规划提供一定的理论支持。

1　研究区概况

福建省位于中国东南沿海(28°30′—28°22′N, 115°50′—120°40′E),东北与浙江省毗邻,西、西北与江西省接界,西南与广东省相连,东隔台湾海峡与台湾岛相望。陆域面积 12.4 万 km^2,海域面积 13.6 万 km^2。大部分属中亚热带,闽东南部分地区属南亚热带;年均气温在 17—21℃,沿海全年高于 10℃。冬季温暖,1 月沿海平均气温 7—10℃,山区 6—8℃。夏季炎热,平均气温 20—39℃。年降水量 1400—2000mm,从东南向西北递减。季节分配不均,有较明显雨季和干季。年日照时数为 1700—2300h。沿海及岛屿地区有效风能达 2500—6500kWh/m^2。主要河流有闽江、晋江、九龙江、汀江。福建的森林覆盖率为 63.1%,居全国首位。林地面积 617.9 万 km^2,全国六大林区之一(图 1)。

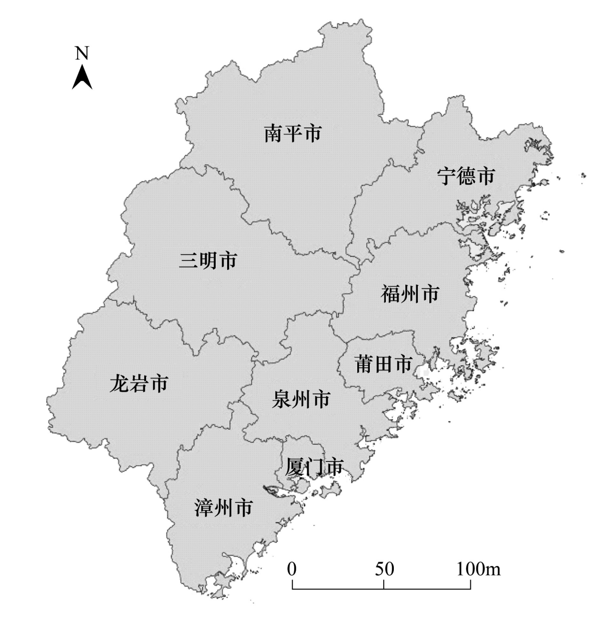


图 1　福建省地区图

Fig.1　Administrative map of Fujian province

2 数据获取与研究方法

2.1 数据来源

2000 年、2005 年的土地利用数据由 Landsat TM 遥感影像目视解译获取,2010 年的土地利用数据由 HJ-1 卫星 CCD 影像目视解译获取,数据分辨率均为 30 m × 30 m。建立了土地利用类型二级分类体系,如表 1 所示,共划分为 6 个一级类和 17 个二级类。人口和国民经济数据来源于福建省统计年鉴。

表 1 土地利用分类体系

Table 1 Land use classification system

一级地类 Class 1	二级地类 Class2	一级地类 Class 1	二级地类 Class 2
草地 Grassland	草地 Grass	林地 Forest land	针叶林 conifer leaf
	草本绿地 Herbaceous green space		阔叶林 Broad leaf
湿地 Wetland	沼泽 Marsh		灌木林 Shrub
	水库 Reservoir		经济林 cash tree
	河流 River	耕地 Farmland	水田 Paddy land
建设用地 Construction land	居住地 Residential land		旱地 Dry land
	工矿用地 Industial land	裸地 Bare land	裸地 Bare land
	交通用地 Traffic land		未利用地 Unexploited land

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用变化分析

首先计算出福建省土地利用数量的变化,通过土地利用转移矩阵计算出各类型土地的流失去向以及研究末期各土地利用类型的来源构成。其次,选取景观格局指数进一步分析福建省土地利用景观格局特征及其演变,基于类型水平和景观水平进行分析。在类型水平上选择的指数有:斑块数量(NP)、平均斑块面积(AREA_MN)、边界密度(PD)、凝聚度指数(COHESION);在景观水平上选择的指数有斑块数量(NP) 、边界密度(PD) 、蔓延度指数(CONTAG) 、破碎度指数(表 2)。指数计算由 Fragstats4.2 软件完成[13]。各指数描述如下表[14-15]所示。

表 2 景观指数描述

Table 2 Description of landscape indices

景观指数 Landscape Indices	类别 Classes	意义 Significance
斑块数量 NP	类型水平/景观水平	斑块数的大小与景观的破碎程度有很好的正相关性,一般来说斑块数越大,破碎化程度越高。
斑块密度 PD	类型水平/景观水平	单位面积上的斑块数,密度越大,景观破碎化程度越高。
平均斑块面积 AREA_MN	类型水平/景观水平	代表一种平均状况,在斑块级别是,一个具有较小值的斑块比一个具有较大值得斑块更加破碎。
最大斑块指数 LPI	类型水平	描述某一景观类型中最大斑块占整个景观面积的比,反映景观中的优势种。
聚集度指数 COHESION	类型水平	度量同类型斑块的聚集程度,值越小表明越分散。
蔓延度指数 CONTAG	景观水平	测定同一景观组分的集聚程度,蔓延度指标值越大,表明斑块集聚程度高,联通性好,反之则表明景观破碎化程度高。
破碎度指数 FN	景观水平	表征景观被分割的破碎程度,反映景观空间结构的复杂性,在一定程度上反映了人类对景观的干扰程度

NP:斑块数 Number of Patches;PD: 斑块密度 Patch Density; LPI:最大斑块指数 Largest Patch Index;AREA_MN:平均斑块面积 Mean of Patch Area;COHESION:凝聚度指数 Cohesion Index;CONTAG:蔓延度指数 Contag Index;破碎度指数:FN Fragmentation index

2.2.2 InVEST 模型的生境质量模块

本研究选择美国斯坦福大学、世界自然基金会和大自然保护协会联合开发的生态系统服务评估工具

InVEST 模型(Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs Model)计算空间效应[16-17]。本研究选取其中的生境质量模块,生境质量实际上是指生态系统能够提供给物种生存繁衍所需条件的潜力。InVEST 模型假设生境质量好的地区,其生物多样性也高。生境质量用生境质量指数来反映,其计算公式如下:

$$Q_{xj} = H_j\left[1 - \left(\frac{D_{xj}^z}{D_{xj}^z + k^z}\right)\right] \tag{1}$$

式中,Q_{xj} 为土地利用与土地覆盖(生境类型)j 中栅格 x 的生境质量;D_{xj} 为土地利用与土地覆盖(生境类型)j 中栅格 x 所受胁迫水平;x 为半饱和常数,通常取 D_{xj} 最大值的一半(模型运行一次获得);H_j 为土地利用与土地覆盖 j 的生境适合性;z 为归一化常量,通常取值 2.5。

InVEST 模型中生境质量是 4 个变量的函数:各期土地利用/土地覆被和各期胁迫因子图层数据、胁迫因子表(包括胁迫强度、最大胁迫距离等)。

一个生境类型受威胁敏感度是基于景观生态学生物多样性保护的一般性原则而定的[18-19],一般而言,自然环境对于外来威胁因子敏感度最大,半人工环境次之,人工环境基本不受影响,因此本文将地类划分为自然环境和人工环境。由于建设用地是人类活动最为集中的体现,因此本文将建设用地作为胁迫因子;各胁迫因子最大胁迫距离、权重及不同生境类型对胁迫因子敏感性的设置结合 InVEST 模型的实例,参照 Beth Stys 等[20]、Foresman[18]、肖明[4]和包玉斌等[12]的研究以及专家的建议进行赋值(表 3 和表 4)。

表 3　生态胁迫因子属性

Table 3　Threat factor properties

胁迫因子 Threat	最大影响距离 Max-distance	权重 Weight	距离递减率 Decay
居住地 Residential land	5	0.2	1
工矿用地 Industial land	5	0.3	1
交通用地 Traffic land	10	0.5	1

表 4　福建省不同生境类型对不同胁迫因子的敏感度

Table 4　The sensitivity of habitat types to each threat factor in Fujian Province

土地利用类型 Land use type	生境适合性 Habitat	居住地 L-residential	工矿用地 L-industrial	交通用地 L-traffic
阔叶林 Broad leaf	1	0.9	0.8	0.8
针叶林 conifer leaf	1	0.9	0.8	0.8
灌木林 Shrub	1	0.5	0.6	0.5
经济林 cash tree	0.8	0.8	0.7	0.7
草地 Grass	0.6	0.3	0.5	0.6
草本绿地 Herbaceous green space	0.5	0.3	0.5	0.5
沼泽 Marsh	0.9	0.8	0.8	0.6
水库 Reservoir	0.9	0.9	0.9	0.8
河流 River	1	0.9	0.9	0.9
水田 Paddy land	0.5	0.3	0.3	0.2
旱地 Dry land	0.3	0.3	0.3	0.2
居住地 Residential land	0	0	0	0
工矿用地 Industial land	0	0	0	0
交通用地 Traffic land	0	0	0	0
裸地 Bare land	0	0	0	0

2.2.3　生境质量变化原因分析

基于福建省社会经济因素结合区域内土地利用及其景观格局特征的变化,深入的阐述福建省生境质量变

化的原因。

3 结果与分析

3.1 福建省土地利用其转移的变化

相比 2000 年,福建省 2005 年建设用地烈扩张,增加了 1016.16 km^2,增幅面积最大,为 28.5%;裸地仅减少了 6.69 km^2,但是由于裸地的基数小,所以裸地的减幅最大,为 28.3%;林地、耕地、草地和湿地均有不同程度的增加和减少,其中林地增加了 242.34 km^2,但是由于林地的基数较大,所以仅增长了 0.2%,变化幅度最小;耕地减少了 1073.85 km^2,减幅达到 9.41%,草地和湿地分别减少了 52.98 km^2和 125.46 km^2,减幅达到 11.3%和 7.8%。

2005—2010 年,福建省的建设用地增加 546.36 km^2,增长幅度略微放缓,为 11.9%;裸地减少了 14.14 km^2,减幅最大,达到 83.5%;林地增加了 365.79 km^2,增长了 0.03%,变化幅度最小;耕地减少了 937.42 km^2,减幅达到 9.07%;湿地和草地分别增加了 49.5km^2和 20.02 km^2,增幅达到 3.3%和 4.5%。

2000—2010 年,福建省裸地减少了 20.83 km^2,由于整体基数小,所以裸地的减幅最大,达到了 88.1%;建设用地大面积扩张,增加了 1562.22 km^2,增幅最大,为 43.8%;耕地面积大幅度减少了 2011.27 km^2,减幅达到 17.6%;草地和湿地都有不同程度的减少,减幅分别达到 7.02%和 4.7%;林地略有增加,增加了 0.5%;总体来说,建设用地急剧扩张、耕地资源逐渐减少是福建省土地利用变化的一大特点(图 2)。

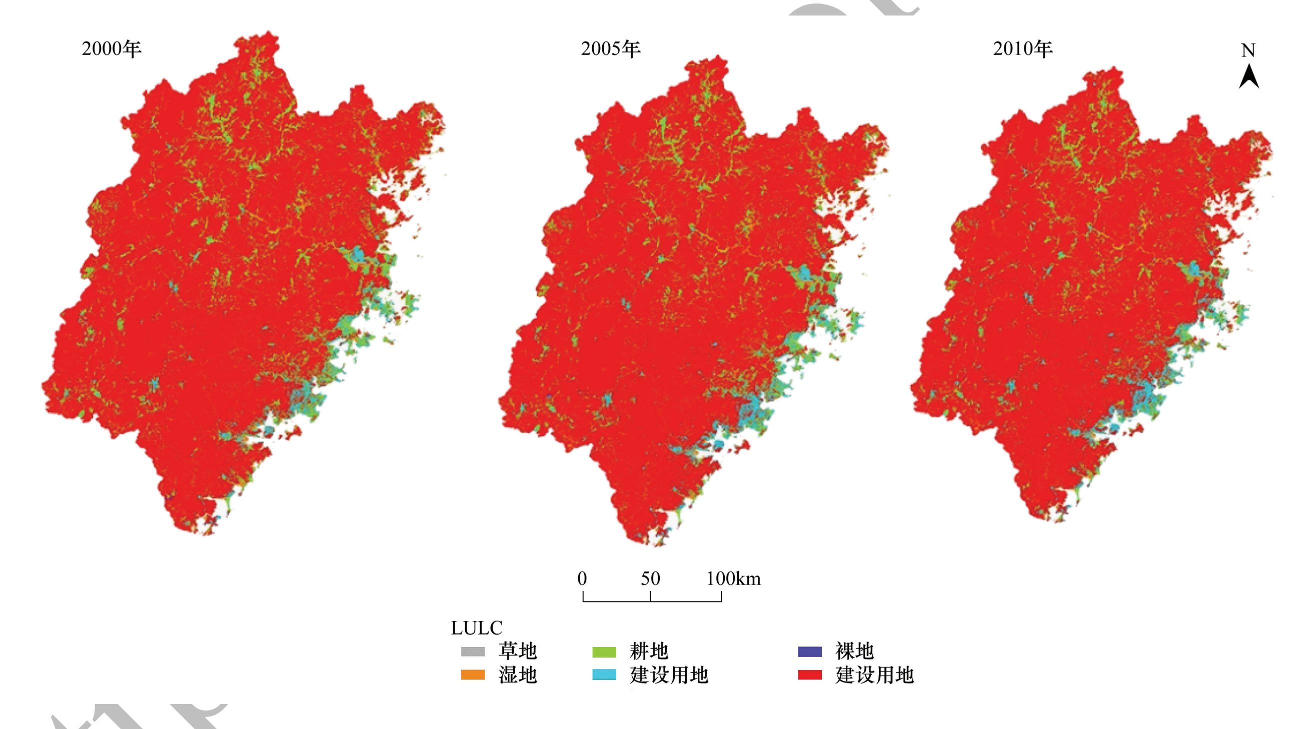


图 2 福建省土地利用类型分布及其变化(2000—2010)

Fig.2 Land use distribution and changes of the Fujian province (2000—2010)

为全面理解福建省土地利用在这一时期内变化的结构特征,构建了土地利用转移矩阵。如表 5 所示:2000—2005 年,裸地虽然基数小,但是向其他地类转变最为剧烈,分别约有 63%和 10%的裸地转换为林地和建设用地,8.4%和 7%的裸地转变为耕地和湿地;约有 91%的耕地较为稳定,并未发生转换,减少的耕地主要转为建设用地和林地,分别为 4.6%和 3.7%;草地向其他地类也有较剧烈的转换,其中约有 28%和 5%的草地转换为林地和建设用地,也有约 7%的湿地转换为林地。

2005—2010 年,裸地和草地向其他地类的转换仍然最为剧烈,但是裸地有较大一部分转换为建设用地,为 61.3%,向林地、耕地和湿地的转换减少,分别为 19%,7%和 3%;草地向林地和建设用地的转换增加到约

40%和 9%,耕地仍然以转换为建设用地和林地为主,分别为约 2%和 6%;同时约有 15%和 9%的湿地转换为林地和耕地。

总体来说,从 2000—2010 年,裸地和草地向其他地类的转变最为剧烈。福建省有 65%、12%、8%的裸地转换成林地、建设用地、耕地和湿地;约 50%和 10%的草地转换为林地和建设用地;约有 84%的耕地保持稳定,并未发生转换,减少的的耕地主要转换成建设用地,约为 9%; 同时约有 16%和 9%的湿地转换成林地和建设用地。因此,福建省裸地向其他用地的转换,草地、耕地、湿地向建设用地与林地的转化是福建省这一时期主要土地利用变化类型。

表 5　福建省土地利用转移矩阵

Table 5　Land use transfer matrix in Fujian province

年代 Period	地类 Land use type	裸地 Bare land	耕地 Farmland	草地 Grassland	建设用地 Construction land	湿地 Wetland	林地 Forest land
2000—2005	裸地 Bare land	—	8.42	0.8	9.7	6.8	62.8
	耕地 Farmland	0.03	—	0.5	4.6	0.6	3.7
	草地 Grassland	0.05	2.1	—	5.4	1.1	27.9
	建设用地 Construction land	0.06	0.7	0.02	—	0.01	1.4
	湿地 Wetland	0.01	2.8	0.1	5.6	—	7.1
	林地 Forest land	0	0.5	0.05	0.43	0.05	—
2005—2010	裸地	—	6.5	0.47	61.3	2.8	19.3
	耕地	0	—	0.43	5.6	1.5	2.1
	草地	0.01	9.3	—	6.4	1.4	39.5
	建设用地	0	8.1	0.3	—	1.38	0
	湿地	0	8.9	0.44	5.9	—	14.1
	林地	0	0	0.17	0.7	0.2	—
2000—2010	裸地	—	8.04	0.59	12	8	64.7
	耕地	—	—	0.67	8.9	1.6	4.5
	草地	0.01	6.7	—	9.7	1.9	45.7
	建设用地	—	7.5	0.3	—	1.2	10.2
	水体	—	8.3	0.42	9.4	—	16.4
	林地	—	0	0.16	0.9	0.2	—

3.2　福建省土地利用景观格局变化

3.2.1　类型水平景观格局分析

在分析土地利用数量变化的基础上,基于景观格局的视角进一步探讨土地利用的变化。在三个时期,林地的 NP、PD 指数不断减少,AREA_MN 指数不断增加且 LPI 指数是最高的,说明林地是福建省的优势景观。建设用地的 LPI 指数呈迅速增长的趋势,在 2005 年之后成为福建省除林地外的优势景观,它的 NP、PD、AREA_MN、COHESION 指数均为不断增长。耕地的 NP 和 PD 指数是整个研究区最高的,它的 AREA_MN、COHESION、LPI 指数均为不断下降的趋势。草地 NP、PD、LPI 指数呈下降趋势,但 AREA_MN、COHESION 指数为先减后增的趋势。湿地的 NP、LPI 指数均呈现不断下降的趋势,但是其 AREA_MN、COHESION 指数不断增加(图 3)。

3.2.2　景观水平分析

2000—2010 年期间研究区 PD、NP 指数呈下降趋势,CONTAG 指数增加说明研究区破碎化程度降低。FN 指数的降低更能体现出研究区破碎化程度降低(表 6)。

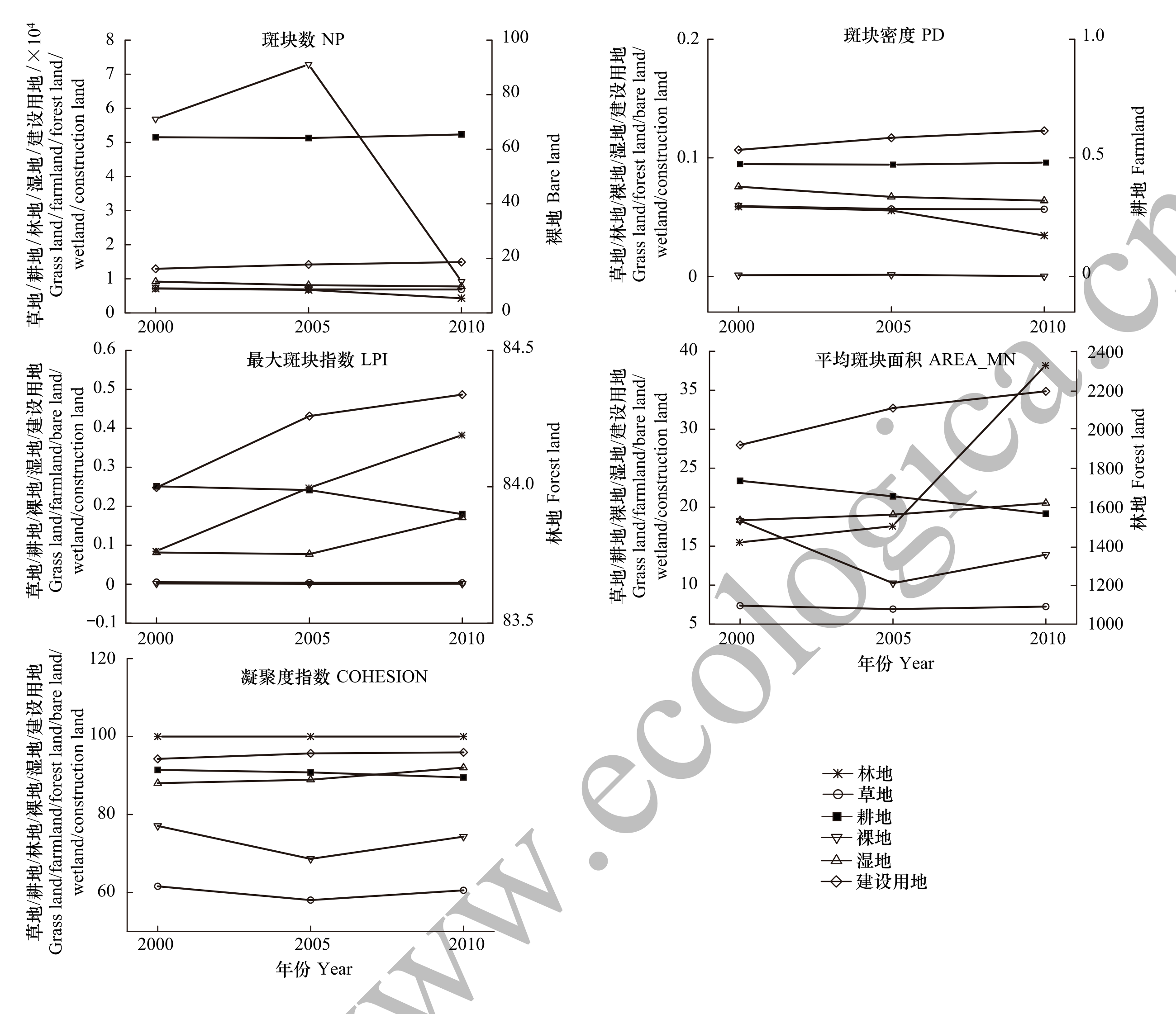


图 3　类型水平景观指数变化(2000—2010)

Fig.3　Landscape index changes on class metric (2000—2010)

表 6　景观格局指数计算结果

Table 6　Landscape pattern index calculation results

年份 Year	NP	AREA_MN	CONTAG	PD	FN
2000	88173	137.7107788	75.0004	0.726	0.0073
2005	87453	138.8439848	75.1786	0.72	0.0072
2010	86222	140.8594152	75.207	0.71	0.0071

3.3　福建省生境质量的时空变化

生境质量指数在模型中呈现在栅格图层上 0—1 之间连续变化的值,值越靠近 1,生境质量越好,就相对越完整,并具有相应的结构和功能,有利于生物多样性的维持。通常,土地利用强度的增加会引起威胁源地的增加和强度的增大,而使其附近的生境质量退化[21]。为便于比较和说明保护区土地利用变化对生境质量的影响,将 3 期生境质量指数运算结果划分为 0—0.2,0.3—0.6,0.6—0.9,0.9—1 共计 4 个区间并据此将生境质量划分为低、中、良好和优等 4 个级别,统计了各等级生境所占百分比。

从空间格局来看(图 4),福建省总体生境质量处于较高水平,良好、优质等级生境占据绝大部分面积。生境质量呈现趋势为从西北地区向东南沿海地区递减。东南部沿海地区的厦门市各区、泉州市辖区、晋江市、石

狮市、惠安县、莆田市辖区、仙游县、福州市辖区、福清市、长乐市、平潭县等地区的生境得分值多在 0.6 以下,存在较多的 0-0.3 等级的生境。福建省其他地区的生境得分值大多位于中等级以上,但是距离小型建设用地斑块近的地区,受到的威胁程度较大,生境得分较低,零星的分布与东南沿海地区外的其他地区。

从时间格局来看(表 7),2000 年,低等级的生境占 3%,中等级占 9.9%;2005 年低等级的生境占 3.8%,中等级占 9.4%;2010 年,低等级生境占 4.2%,中等级占 8.7%;从 2000—2010 年,中等级以上的生境几乎没有发生变化。

表 7　福建省不同年份各等级生境比例

Table 7　Percentage of each habitat level in different years

评估等级 Valuation level	分值区间 Value interval	2000 年		2005 年		2010 年		栅格比例的变化/% Grid scale change/percentage
		栅格数/个 Grid number /individual	所占比例/% Proportion /percentage	栅格数/个 Grid number /individual	所占比例/% Proportion /percentage	栅格数/个 Grid number /individual	所占比例/% Proportion /percentage	
差 Low	[0—0.3)	162159	3	207136	3.8	231267	4.2	1.2
中 Medium	[0.3—0.6)	535538	9.9	508875	9.4	467911	8.7	-1.5
良好 Good	[0.6—0.9)	98414	1.8	68904	1.27	70840	1.3	-0.2
优等 Excellent	[0.9—1)	4600499	85.2	4611673	85.4	4627840	85.7	0.5

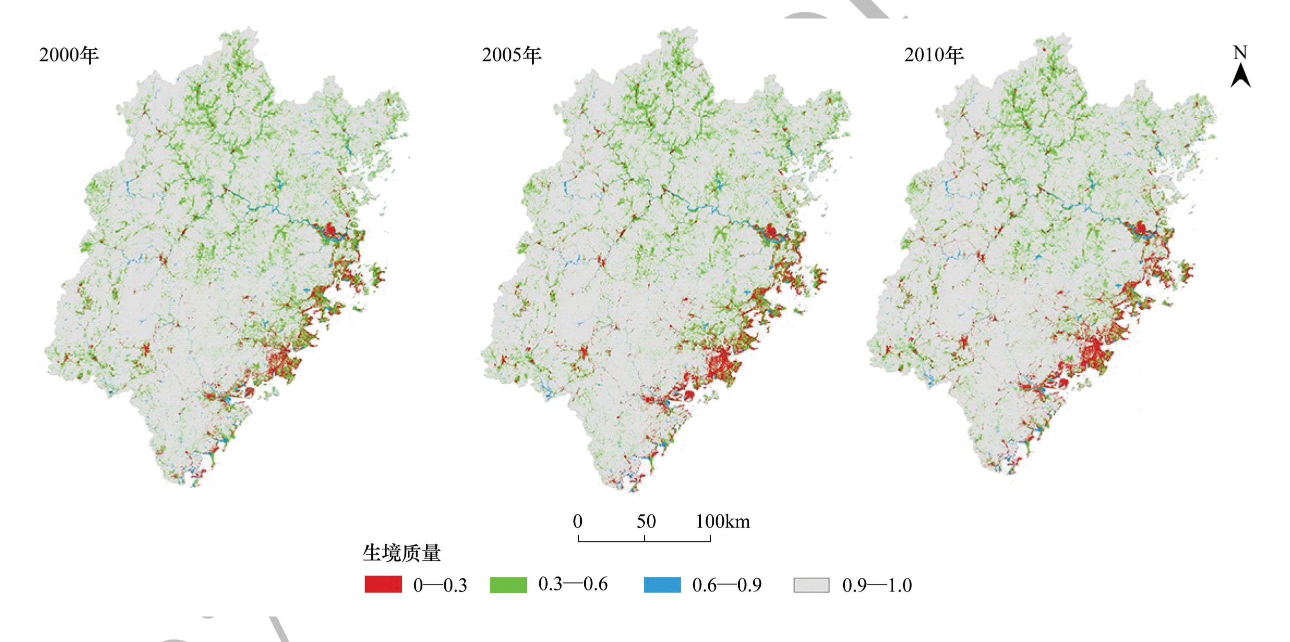


图 4　福建省生境质量空间分布

Fig.4　Spatial distribution of habitat quality in Fujian Province

3.4　福建省生境质量变化的原因分析

建设用地的增加是生境质量变化的主要威胁源,城镇人口增长、经济发展水平的提高、工业化进程的推进和地方政策是建设用地变化的核心驱动力,本文通过分析经济发展带来的土地利用数量的变化和景观格局的变化,分析福建省生境质量变化的原因。

2000—2010 年,福建省整体景观蔓延度指数分别为 75.0004、75.1786、75.207,景观破碎度分别为 0.0073、0.0072、0.0071,景观蔓延度指数的上升和景观破碎度指数的降低,表明福建省整体斑块集聚程度高,景观连通性较好,破碎化程度低,在一定程度上减缓了区域维持生态平衡和保持生境质量的压力。所以,福建省整体生境质量较好,生境质量总体处于 0.9 以上。同时,福建省闽北、闽西、闽东、闽中地区生境质量处于良好、优质等级,占福建省面积的 87%,这主要是由于:林地不仅是这些地区的优势景观,并且面积占这些地区的 93%以

上,受“退耕还林”等政策的影响,福建省的林地面积一直处于增长的状态,2000—2010 年林地的聚集度指数分别为 99.8、99.9、99.99,破碎化程度低,连通性好,覆盖度大,人类活动对它的影响很小,所以这些地区生境质量处于较高的水平。

福建省大部分地区生境质量处于良好、优质等级,但是厦门市各区、泉州市辖区、晋江市、石狮市、惠安县、莆田市辖区、仙游县、福州市辖区、福清市、长乐市、平潭县等东南沿海地区生境得分值位于 0.6 以下,存在较多的 0—-0.3 等级的生境。

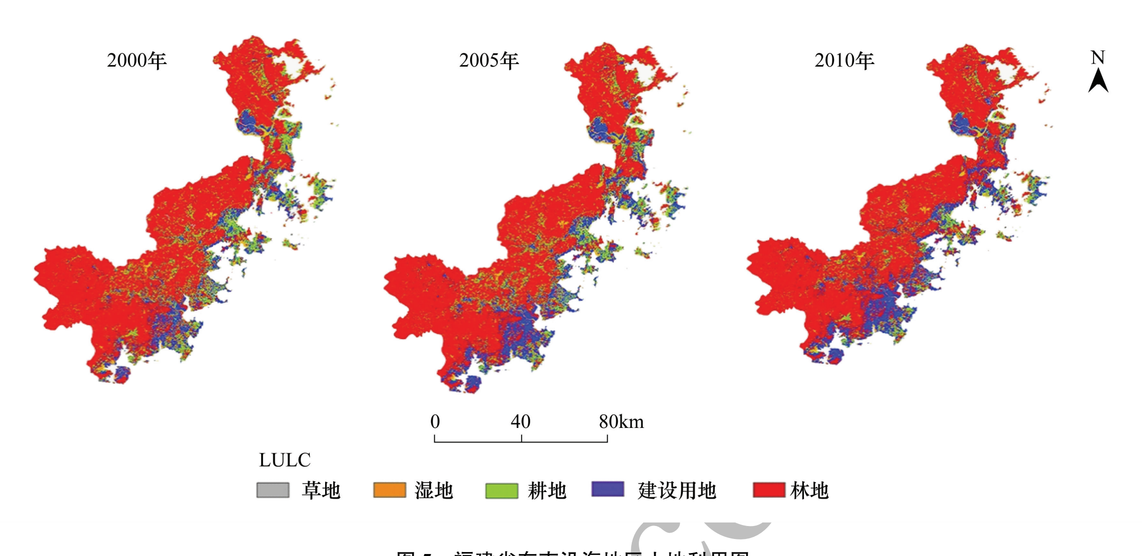


图 5 福建省东南沿海地区土地利用图

Fig.5 The land use map in the southeast coastal area of Fujian Province

从社会经济因素来看,自改革开放以来,以厦门、泉州、莆田、福州为代表的东南沿海地区经济快速发展,2004 年“海峡西岸经济区”的建立并且以厦门、泉州、福州等 6 个城市为中心区更大力推动了东南沿海地区经济的发展,2000 年、2005 年、2010 年的 GDP 分别为 2534.8 亿元、4157.35 亿元以及 8930.33 亿元,增长率达到 64%、115%和 252.3%;而福建省 2000—2010 年的 GDP 为 3764.54 亿元、6554.69 亿元、14737.12 亿元,这 3 个时间段东南沿海城市的 GDP 占据福建省的 67.3%、63.4%和 61%。

从表 8 可以看出,从 2000—2010 年,东南沿海地区三大产业的产值变化为:第一产业发展相对缓慢,10 年间其产值增加了 80%; 第二产业一直占主导地位,其产值增加了 266.7%; 第三产业也呈高速发展的态势,10 年间其产值增加了 274%,形成二三产业主导的产业格局。第二三产业的发展,需要大量的就业人口,而这 10 年间东南沿海 4 个城市非农业人口为 329.4 万人、531.68 万人、629.9 万人,增长了 91.2%。

表 8 福建省东南沿海地区三大产业产值变化(2000—2010)

Table 8 Industrial output value change of the southeast coastal area in the Fujian Province (2000—2010)

年份 Year	第一产业/亿元 The Primary Industry/billion	第二产业/亿元 The Second Industry/billion	第三产业/亿元 The Tertiary Industry/billion
2000	244	1279.86	1014.38
2005	290.39	2220.01	1646.96
2010	438.44	4693.17	3795.75

GDP 数据与建设用地是呈正相关的[22],经济的发展、人口的增加也相应的对基础设施建设、工业、居住用地的需求增加,东南沿海城市已经没有裸地等未利用地,且东南沿海地区的土地面积仅占福建省的约 14%,从 2000—2010 年,东南沿海地区的建设用地面积为 2181.2、2748.5、2938.8 km^2,占福建省土地利用面积的 57%以上,社会经济的发展使建设用地的迅速增加且侵占了裸地和耕地等用地,加大了对这几个地区的生境威胁程度,使生境质量低于福建省其他地区。

4 结论与讨论

2000—2010 年,福建省整体景观破碎化程度呈现降低的趋势,总体生境得分值在 0.9 以上。自 1999 年“退耕还林”政策在我国全面实施以来,福建省各地区积极开展造林绿化工程。2000 年,习近平同志在福建创新性地提出了“生态省”战略构想。围绕这一战略构想,2001 年至今,福建年均造林绿化面积超过 133333.33hm^2, 2003 年福建省推行集体林权制度改革,促进人们主动保护林地,造林面积继续增加,2010 年启动的“绿色城市、绿色村镇、绿色通道、绿色屏障”城乡绿化一体化建设,都促使福建省林地面积不断增加。除了东南沿海地区以外,林地面积覆盖福建省大部分地区,林地的覆盖度大,景观破碎化程度低,受人类活动影响小,所以福建省大部分地区生境质量处于良好、优质等级。

2000—2010 年,福建省耕地面积减少了 2011.27 km^2,减幅达到 17.6%;耕地的破碎化程度有所增加,除了受退耕还林政策的影响之外,很大程度上受快速城市化进程的影响。建设用地取代耕地成为福建省除林地外最大的优势景观,人为的开发和建设使得建设用地的斑块不断聚集,在空间上主要聚集在东南沿海区域且集中连片分布。虽然东南沿海地区的面积仅占福建全省的 14%,但其 GDP 总量却占到 61%以上。东南沿海地区二、三产业主导的产业格局,吸引了大量人口的涌入,导致对建设、工业、居住用地的需求的急剧增加,建设用地急剧扩张且不断侵占耕地、裸地等未利用地。作为生境质量威胁源的建设用地的高度聚集,对东南沿海地区生境质量造成巨大威胁,使得该地区生境得分值低于 0.6,例如厦门市各区、泉州市辖区、晋江市、石狮市、惠安县、莆田市辖区、仙游县、福州市辖区、福清市、长乐市、平潭县等地区均处于 0—0.3 之间,且生境质量持续下降。

福建省的生境质量总体上处于较高的水平,但是东南沿海部分地区建设用地的急剧扩张导致其生境质量的持续下降。所以未来决策者如何维持生境质量不会退化且恢复东南沿海地区的生境质量是一个关键的问题。未来东南沿南海地区的城市土地利用规划中,土地规划和生态保护工作中需优化林地、耕地、建设用地等景观格局,在保持合理的经济增长基础上也应配置必要的生态用地。从政策层面分析,在未来城镇化发展过程中,应当在保证生境质量维持在较高水平的基础上,着重开发闽西、闽北、闽中等地区,协调好经济发展与生境质量维持之间的关系,促进福建省整体经济与生态保护的协调发展。

本研究只考虑了生境质量对于土地利用变化的响应,深入研究可以结合模型的其他子模块,定量评估土地利用变化对于多种生态系统服务的变化,如:碳储量、水源涵养等,综合的评估土地利用变化的生态效应。

参考文献(References):

[1] Fleskens L, Duarte F, Eicher I. A conceptual framework for the assessment of multiple functions of agro-ecosystems: a case study of Trás-os-Montes olive grocers. Journal of Rural Studies, 2009, 25(1): 141-155.
[2] 欧阳志云, 郑华. 生态系统服务的生态学机制研究进展. 生态学报, 2009, 29(11): 6183-6188.
[3] 吴健生, 曹祺文, 石淑芹, 黄秀兰, 卢志强. 基于土地利用变化的京津冀生境质量时空演变. 应用生态学报, 2015, 26(11): 3457-3466.
[4] 肖明. GIS 在流域生态环境质量评价中的应用——以昌化江下游为例. 海口: 海南大学, 2011.
[5] Brown G, Brabyn L. The extrapolation of social landscape values to a national level in New Zealand using landscape character classification. Applied Geography, 2012, 35(1/2): 84-94.
[6] Goldstein J H, Caldarone G, Duarte T K, Ennaanay D, Hannahs N, Mendoza G, Polasky S, Wolny S, Daily G C. Integrating ecosystem-service tradeoffs into land-use decisions. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2012, 109(19): 7565-7570.
[7] 徐佩, 王玉宽, 杨金凤, 彭怡. 汶川地震灾区生物多样性热点地区分析. 生态学报, 2013, 33(3): 718-725.
[8] Polasky S, Nelson E, Pennington D, Johnson K A. The impact of land-use change on ecosystem services, biodiversity and returns to landowners: a case study in the State of Minnesota. Environmental and Resource Economics, 2011, 48(2): 219-242.
[9] 白杨, 郑华, 庄长伟, 欧阳志云, 徐卫华. 白洋淀流域生态系统服务评估及其调控. 生态学报, 2013, 33(3): 711-717.
[10] Wong C P, Jiang B, Kinzig A P, Lee K N, Ouyang Z Y. Linking ecosystem characteristics to final ecosystem services for public policy. Ecology Letters, 2015, 18(1): 108-118.
[11] Bhagabati N K, Ricketts T, Sulistyawan T B S, Conte M, Ennaanay D, Hadian O, McKenzie E, Olwero N, Rosenthal A, Tallis H, Wolny S.

Ecosystem services reinforce Sumatran tiger conservation in land use plans. Biological Conservation, 2014, 169: 147-156.

[12] 包玉斌, 刘康, 李婷, 胡胜. 基于 InVEST 模型的土地利用变化对生境的影响——以陕西省黄河湿地自然保护区为例. 干旱区研究, 2015, 32(3): 622-629.

[13] Saura S, Torné J. Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. Environmental Modelling & Software, 2009, 24: 135-139.

[14] Xie Y C, Yu M, Bai Y F, Xing X R. Ecological analysis of an emerging urban landscape pattern-desakota: a case study in Suzhou, China. Landscape Ecology, 2006, 21(8): 1297-1309.

[15] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级(第二版). 北京: 高等教育出版社, 2007.

[16] Tallis H T, Ricketts T, Nelson E, Ennaanay D, Wolny S, Olwero N, Vigerstol K, Pennington D, Mendoza G, Aukema J, Foster J, Forrest J, Cameron D, Arkema K, Lonsdorf E, Kennedy C. InVEST 1.004 Beta User'S Guide. The Natural Capital Project. Stanford, CA: Stanford University, 2010.

[17] Nelson E, Mendoza G, Regetz J, Polasky S, Tallis H, Cameron D R, Chan K M A, Daily G C, Goldstein J, Kareiva P M, Lonsdorf E, Naidoo R, Ricketts T H, Shaw M R. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. Frontiers in Ecology and the Environment, 2009, 7(1): 4-11.

[18] Foresman K R. Small mammal use of modified culverts on the Lolo South Project of Western Montana-an update//Irwin C L, Garrett P, McDermott K P, eds. Proceedings of the 2003 International Conference on Ecology and Transportation. Raleigh, NC: North Carolina State University, 2003: 342-343.

[19] Lindenmayer D, Hobbs R J, Montague-Drake R, Alexandra J, Bennett A, Burgman M, Cale P, Calhoun A, Cramer V, Cullen P, Driscoll D, Fahrig L, Fischer J, Franklin J, Haila Y, Hunter M, Gibbons P, Lake S, Luck G, MacGregor C, McIntyre S, Nally RM, Manning A, Miller J, Mooney H, Noss R, Possingham H, Saunders D, Schmiegelow F, Scott M, Simberloff D, Sisk T, Tabor G, Walker B, Wiens J, Woinarski J, Zavaleta E. A checklist for ecological management of landscapes for conservation. Ecology Letters, 2008, 11(1): 78-91.

[20] Stys B, Ricketts C. Mapping threats to Florida freshwater habitats. Florida: Conserve Wildlife Tag Grant Program Final Report, 2008.

[21] 余新晓, 周彬, 吕锡芝, 杨之歌. 基于 InVEST 模型的北京山区森林水源涵养功能评估. 林业科学, 2012, 48(10): 1-5.

[22] 胡冬雪, 唐立娜, 邱全毅, 石龙宇, 邵国凡. 海峡西岸经济区景观格局 10 年变化及驱动力. 生态学报, 2015, 35(18): 6138-6147.